

по размерам демонстрирует формирование мезопористой структуры с узким распределением вблизи 4 нм. Удельная поверхность и пористость являются важными характеристиками функциональных материалов, во многом определяющими возможности и направления их практического применения.

Фазовый состав синтезированного продукта представлен $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$ моноклинной сингонии (пр. гр. $P2_1/m$) с примесью диоксида титана в фазе анатаза. Полученные данные коррелируют с результатами рентгеновского микроанализа и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.

Согласно методу УФ-Вид спектроскопии, материал поглощает УФ-лучи и обладает высоким коэффициентом отражения в области $\lambda > 400$ нм, что характерно для $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$. Ширина запрещенной зоны образца, рассчитанная по методу Тауца для непрямых разрешенных переходов (с учетом преобразования Кубелки-Мунка) равна 3,43 эВ, что согласуется с результатами теоретических расчетов (3,28 эВ) и экспериментальных измерений (3,4–3,85 эВ) других авторов.

Таким образом, в настоящей работе гидротермальным способом получены микрочастицы

на основе $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$ с иерархической наноразмерной структурой, представленной нановолокнами. Для материала обнаружены высокие значения удельной площади поверхности ($\sim 180 \text{ м}^2/\text{г}$) и пористости ($0,36 \text{ см}^3/\text{г}$) с узким распределением пор по размерам (около 4 нм). Как ожидается, синтезированная сложноорганизованная nanoархитектура на основе трититаната натрия с пористой структурой может быть практически востребована, например, в области электрохимических устройств хранения и преобразования энергии нового поколения.

За участие в проведении экспериментов и обсуждении результатов авторы выражают благодарность сотрудникам Института химии ДВО РАН: чл.-корр. РАН С.В. Гнеденкову, д.х.н., доценту С.Л. Синябрюхову, д.ф.-м.н., профессору А.Ю. Устинову, к.х.н. В.Г. Курявому, к.х.н. В.Ю. Майорову.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 19-73-10017). СЭМ и ЭДС-исследования выполняли на оборудовании Центра коллективного пользования «Биотехнология и генетическая инженерия» ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН.

СИНТЕЗ ПОРОШКОВЫХ ЛЮМИНОФОРОВ Ce:YAG МЕТОДОМ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ

В.Д. Пайгин, А.Э. Илела, Д.Т. Валиев, С.А. Степанов
Научный руководитель – д.т.н., профессор ОМ ИШНПТ О.Л. Хасанов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, vpaugin@mail.ru

Иттрий алюминиевый гранат – $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (YAG) активированный ионами редкоземельных элементов или переходных металлов является перспективным материалом, обладающим высокой температурой плавления и термостойкостью, отсутствием полиморфных превращений, хорошими электрофизическими показателями. Он используется в качестве активных элементов твердотельных лазеров ближнего и среднего ИК-диапазонов, сцинтилляторов и белых световых излучающих диодов [1].

Технологическая схема изготовления оптической керамики состоит из нескольких стадий: синтез порошка, формование и спекание. Важным аспектом процесса изготовления является синтез порошков с характеристиками, удовлетворяющими ряду требований: ограничение по

размеру, сферическая форма частиц, монодисперсность, отсутствие жестких агломератов, однородность химического состава и чистота [2].

Распылительная сушка – один из перспективных методов синтеза порошков, позволяющий удовлетворить перечисленные выше требования.

Целью настоящей работы было получение порошков иттрий-алюминиевого граната легированного церием из растворов их солей методом распылительной сушки и оценка влияния температуры отжига на их морфологию и фазовый состав.

Водная суспензия иттрий-алюминиевого граната, легированного церием была получена методом обратного осаждения из растворов $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and

$\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ с концентрацией 0,5 моль/л. В качестве осадителя был использован аммиак.

Нанораспылительную сушку суспензий проводили на установке Nano Spray Dryer B-90 (Buchi, Швейцария). Полученные порошки прокаливали на воздухе при температурах 700 °С, 1100 °С и 1600 °С в течение 2 часов.

Рентгенофазовый анализ порошков проводили на дифрактометре XRD-7000S (Shimadzu, Япония).

Сканирующую электронную микроскопию (СЭМ) выполняли на установке EVO MA15 VP (Carl Zeiss, Германия).

Порошки, полученные при 700 °С и 1100 °С состоят из гранул сферической формы (рисунок 1) со средним диаметром около 1 мкм. Поверхность гранул гладкая, практически не отличается друг от друга. Морфология структурных элементов порошка, синтезированного при температуре 1600 °С отличается от предыдущих двух. Форма гранул отклоняется от сферической.

Результаты рентгенофазового анализа показали, что при температуре прокаливания 700 °С процесс синтеза кристаллической фазы не завершается. Структурные элементы порошка

остаются в рентгеноаморфном состоянии. При температуре прокаливания 1100 °С степень кристалличности порошка существенно возрастает, а чем свидетельствует относительно высокая интенсивность рефлексов. Анализ дифрактограммы показал, что порошок состоит преимущественно из $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (99,5 %) и следовых количеств $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$ (0,5 %). Размер кристаллитов основной фазы порошка составил 48 нм. Повышение температуры прокаливания до 1600 °С приводит к увеличению содержания фазы $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$ (99,5 %) и уменьшению $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (0,5 %).

Таким образом, в результате выполнения исследовательской работы были синтезированы порошки алюминатов граната с различным содержанием $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ и $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$.

Установлено, что поиск оптимальных температур прокаливания исследуемых порошков, с целью получения порошков состоящих полностью из $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ целесообразно проводить при температурах в районе 1100 °С.

Работа выполнена на оборудовании НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» Томского политехнического университета, при поддержке стипендии президента РФ.

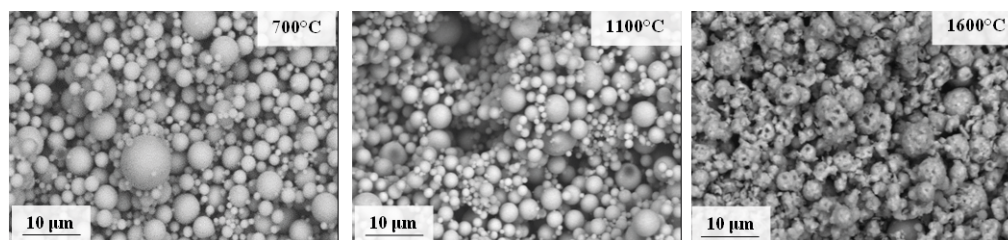


Рис. 1. СЭМ-изображения порошков на основе YAG

Список литературы

1. Пайгин В.Д. и др. Люминесцентная керамика на основе иттрий-алюминиевого граната, полученная традиционным спеканием в воздушной атмосфере // *Российские нанотехнологии*, 2019. – Т. 14. – №3–4. – С. 26–31.
2. Федоров П.П. и др. Синтез лазерной керамики на основе нанодispersных порошков алюмоиттриевого граната $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$. // *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение»*, 2012. – С. 28–44.